

· 综述 ·

EORTC 标准和 PERCIST 在乳腺癌疗效评估中的应用比较

连尉伶 杨忠毅 王明伟 宋少莉

复旦大学附属肿瘤医院核医学科、复旦大学上海医学院肿瘤学系 200032

通信作者:杨忠毅, Email: yangzhongyi21@163.com

【摘要】 ¹⁸F-脱氧葡萄糖(FDG) PET/CT 显像通过反映乳腺癌细胞葡萄糖代谢水平以评价疗效, 评价标准主要包括欧洲癌症研究和治疗组织(EORTC)标准和实体瘤疗效 PET 评价标准(PERCIST)。该文综述并比较了 EORTC 标准和 PERCIST 在局部晚期乳腺癌新辅助化疗与复发和(或)转移性乳腺癌系统性治疗临床疗效评价中的应用价值。

【关键词】 乳腺肿瘤; EORTC; PERCIST; 发展趋势

基金项目: 上海市自然科学基金(19ZR1411300)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190808-00163

Comparison of response evaluation with EORTC criteria and PERCIST in breast cancer

Lian Weiling, Yang Zhongyi, Wang Mingwei, Song Shaoli

Department of Nuclear Medicine, Fudan University Shanghai Cancer Center; Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China

Corresponding author: Yang Zhongyi, Email: yangzhongyi21@163.com

【Abstract】 Response assessment in breast cancer by ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) PET/CT can measure breast cancer cell glucose metabolic level. The evaluation criteria mainly include the European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) criteria and PET response evaluation criteria in solid tumors (PERCIST). This review describes and compares the methods and clinical applications of EORTC criteria and PERCIST in response assessment among patients with locally advanced breast cancer after neoadjuvant chemotherapy and recurrent and (or) metastatic breast cancer after systematic therapy.

【Key words】 Breast neoplasms; EORTC; PERCIST; Trends

Fund program: Shanghai Nature Science Foundation (19ZR1411300)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190808-00163

乳腺癌是全球女性最常见的恶性肿瘤, 同时在女性恶性肿瘤中致死率最高^[1]。其治疗方案主要包括手术治疗、化学药物治疗、内分泌治疗、分子靶向治疗和放射治疗等。通过影像学手段评价治疗反应是临床进一步决策的关键。1979 年起至今, WHO 标准和实体瘤疗效评价标准(response evaluation criteria in solid tumors, RECIST) 被广泛运用于临床诊疗^[2-3]。然而, 解剖学变化往往迟滞于功能性变化, 导致评价标准难以区分有无肿瘤代谢活性的残余病灶; 且 RECIST 将乳腺癌骨转移归为不可测量病灶, 使一部分转移性乳腺癌患者难以及时从治疗中受益。¹⁸F-脱氧葡萄糖(fluorodeoxyglucose, FDG) 为 PET 显像剂, 且 PET/CT 是一种结合形态学和功能学改变的显像模式。1999 年, 欧洲癌症研究和治疗组织(European Organization for Research and Treatment of Cancer, EORTC) 提出了基于 FDG-PET 的肿瘤疗效评价标准^[4]。2009 年, Wahl 等^[5]提出新的实体瘤疗效 PET 评价标准(PET response criteria in solid tumors, PERCIST), 发表后一直沿用至今。表 1 对比了 2 种标准评估治疗反应的各自特点。研究表明基于代谢的评价标准在结直肠癌、头颈部鳞状细胞癌的疗效评价中具有意义^[6-7]; 同时也可用于区分乳腺癌包括转移灶在内的活性病灶与治疗后改变, 这使 PET/CT 在局部晚期进展乳腺癌术前新辅助化疗(neoadjuvant chemotherapy, NAC) 和

转移性乳腺癌综合治疗中发挥作用, 以及时调整治疗方案、预测病理缓解率和协助临床判断预后等^[8-9]。本文综述并对比了 EORTC 标准和 PERCIST 在乳腺癌疗效评估中的临床价值。

一、EORTC 标准在乳腺癌疗效评估中的应用价值

NAC 可通过降低局部进展型乳腺癌的临床分期, 降低手术切除难度以增加保乳手术机会^[10-11]。达到术后病理完全缓解(pathological complete response, pCR) 的患者通常具有较高的总体生存(overall survival, OS) 率^[12], 因此于治疗早期预测 pCR 具有一定意义。Kolesnikov-Gauthier 等^[13]的研究表明, 1 个疗程后 EORTC 标准评价的代谢反应与 pCR、4 年无复发生存(relapse-free survival, RFS) 期和化疗 3 个疗程后的 WHO 标准评价结果有相关性, 其中非完全代谢缓解(non-complete metabolic response, non-CMR) 者均未达到术后 pCR。EORTC 标准还有助于区分治疗后生存期较长的患者。García Vicente 等^[14]对 132 例有 NAC 指征的乳腺癌患者进行了前瞻性研究, 用 EORTC 标准分别对原发灶和腋窝淋巴结进行独立和总体的疗效评价, 发现原发肿瘤评估为完全代谢缓解(complete metabolic response, CMR) 的患者较 non-CMR 者有较长的无病生存(disease-free survival, DFS) 期和 OS 期。

EORTC 标准也可用于评价术后复发或转移性乳腺癌系统性化疗和内分泌治疗后反应, 可在一定程度上反映患者的

表 1 EORTC 标准和 PERCIST 评价实体肿瘤治疗后反应不同指标的对比

指标	EORTC 标准	PERCIST
定量指标的选择	SUV _{BSA}	SUL _{peak}
肿瘤病灶的测量	于基线勾画出 ¹⁸ F-FDG 高摄取的整体肿瘤病灶,并在治疗后扫描中于同一位置尽可能勾画和原始肿瘤体积一致的病灶	于基线图像正常肝右叶避开大血管勾画直径 3 cm 的球形感兴趣区,以测量肝脏背景值(若有肝脏病变,在胸主动脉降段勾画直径 1 cm、长径 2 cm 的圆柱状 VOI 作为血池本底),可测量靶病灶的 SUL _{peak} 需≥1.5 倍肝脏平均 SUL 与 2 倍标准偏差之和或大于 2 倍血池本底;测量的病灶通常但不一定与基线病灶相同;最多测量 5 个放射性聚集程度最大的靶病灶,每个脏器最多选取 2 个病灶
治疗反应的分类	1. CMR: 肿瘤 ¹⁸ F-FDG 摄取完全降至本底,且不能区分周围正常组织 2. PMR: 经过 1 个疗程化疗后,肿瘤 FDG 摄取减少 15%~25%;经过多于 1 个疗程的化疗,肿瘤 FDG 摄取减少大于 25%;不要求摄取范围的缩小 3. SMD: 表示肿瘤 FDG 摄取增加小于 25% 或减少小于 15%,但无摄取范围的扩大(最长径增加小于 20%) 4. PMD: 表示基线限定的肿瘤区域 FDG 摄取增加至少 25%;或有摄取范围的扩大(最长径增加大于 20%),或出现 FDG 摄取的转移病灶	1. CMR: 可测量靶病灶 ¹⁸ F-FDG 摄取完全消退,且小于肝脏本底,不能区分与周围血池背景;非靶病灶 FDG 摄取消退至血池水平;RECIST 评价为 PMD 但无新出现的 FDG 摄取的病灶时,应通过随访进一步验证 2. PMR: 可测量靶病灶 ¹⁸ F-FDG 摄取即 SUL _{peak} 减少至少 30%;或 SUL 绝对下降至少 0.8 个单位;不要求摄取范围的缩小;无新出现病灶 3. SMD: 不满足 CMR、PMR 和 PMD 4. PMD: 可测量靶病灶 ¹⁸ F-FDG 摄取即 SUL _{peak} 增加至少 30%,伴有非感染或治疗引起的 0.8 个 SUL 单位的肿瘤 FDG 摄取增加;或视野中肿瘤 FDG 摄取范围的扩大(不伴有 SUL 降低的 TLG 增加至少 75%);与感染或治疗无关的新出现的 FDG 摄取病灶;上述除新发脏器病变的病灶代谢变化需在 1 个月内进行随访确认是否为 PMD,除非 RECIST 也评价为 PMD

注:CMR 为完全代谢缓解,EORTC 为欧洲癌症研究和治疗组织,FDG 为脱氧葡萄糖,PERCIST 为实体瘤疗效 PET 评价标准,PMD 为疾病代谢进展,PMR 为部分代谢缓解,RECIST 为实体瘤疗效评价标准,SMD 为疾病代谢稳定,SUL 为瘦体质量标准化后标准摄取值,SUL_{peak}为 SUL 峰值,SUV_{BSA}为体表面积标准化后标准摄取值,TLG 为病灶总糖酵解,VOI 为球形感兴趣区

预后。Mortazavi-Jehanno 等^[15]纳入 22 例计划行内分泌治疗的复发或转移性乳腺癌患者,在 1 个疗程前后行 PET/CT,并用 EORTC 标准评估治疗疗效,指出部分代谢缓解(partial metabolic response, PMR)+疾病代谢稳定(stable metabolic disease, SMD)组的无进展生存(progression-free survival, PFS)期与疾病代谢进展(progressive metabolic disease, PMD)组的 PFS 期存在明显差异。因转移灶间存在基因型和微环境差异,其治疗后反应存在瘤间异质性[同一患者同时存在 CMR 和其他类型反应(PMR、SMD、PMD)的病灶],EORTC 标准可用于识别治疗后的异质性反应。Huyge 等^[16]对乳腺癌伴骨转移进行系统性治疗后逐个病灶的 EORTC 进行量化分析,发现有 43% 的患者出现骨和(或)骨外病灶异质性代谢反应;EORTC 标准评价为异质性反应者其疾病进展时间(time to progression, TTP)长于所有病灶均为无反应者(PMR 或 SMD)(9 与 5 个月),并认为单个无代谢应答的病灶不足以反映不良预后,尤其是骨转移,因此对于多发转移患者应考虑异质性的特定代谢反应评价标准。

二、PERCIST 在乳腺癌疗效评估中的应用价值

PERCIST 对预测乳腺癌 NAC 后病理缓解率和远期生存具有明显效果。Choi 等^[17]对 33 例 NAC 结束后行 PET/CT 的患者进行评估,以术后病理学检查为“金标准”,发现 PERCIST 预测 pCR 的灵敏度和阴性预测值均达 100%。一项目日本多中心研究的多因素回归分析表明,行足够疗程 NAC 后,PERCIST 评价为 CMR 的患者比 non-CMR 患者有更长 PFS 期^[18]。有

研究指出 PERCIST 对乳腺癌化疗的预后预测较 RECIST 精确。Kitajima 等^[19]用生存曲线分析表明,NAC 后用 PERCIST 评价的 CMR 患者的 RFS 期明显长于 non-CMR 者,而 RECIST 评价的完全缓解(complete response, CR)者的 RFS 期仅稍长于 non-CR 者。Agrawal 等^[20]将 22 例转移性乳腺癌患者节律化疗后反应与临床或影像学随访比对,发现 PERCIST 与 RECIST 评价不一致的 6 例中,由 PERCIST 评价的 5 例与随访一致,余 1 例多发硬化性转移灶为非高代谢状态(RECIST 评为进展性疾病,PERCIST 评为 CMR),随访缺少影像学检查但未见临床症状。Riedl 等^[21]的前瞻性研究也表明,在进行一、二线化疗方案的转移性乳腺癌中,回归分析示 PERCIST 较 RECIST 对 PFS 和疾病特异性生存(disease-specific survival, DSS)有更高的预测价值(与 PFS 的一致性指数:0.70 与 0.60,与 DSS 的一致性指数:0.65 与 0.55)。也有研究表明,对于预测术后 pCR,解剖学和功能性评价可相得益彰:Kitajima 等^[19]验证了 NAC 后 RECIST 标准与 PERCIST 在预测 pCR 方面有相辅相成的作用,因 RECIST 标准具有较高的特异性(94.4%),而 PERCIST 具有较高的灵敏度(100%);Tökés 等^[22]对比了 88 例行 NAC 乳腺癌于基线和化疗结束后的 PET/CT 检查,表示 RECIST 和 PERCIST 结合的评价系统较 PERCIST 单系统具有更高的灵敏度(72.4% 与 44.8%),但特异性较低(73.3% 与 90.0%),且 CR 组的早期疾病进展数明显低于非缓解组。

三、EORTC 标准和 PERCIST 在乳腺癌中的应用比较

2 项评价标准的价值取决于评估方法。EORTC 推荐测

量治疗前后最大标准摄取值 (maximum standardized uptake value, SUV_{max}) 来评估肿瘤 FDG 摄取, 并用体表面积 (body surface area, BSA) 标准化得到 SUV_{BSA}。PERCIST 推荐使用在肿瘤放射性浓度最高的区域选取直径 1.2 cm、体积约 1 cm³ 的球形感兴趣区 (volume of interest, VOI), 测量多个平均值的最大值为标准摄取峰值 (peak of standardized uptake value, SUV_{peak}), 并用瘦体质量 (lean body mass, LBM) 标准化后 SUV_{peak} (SUL_{peak}) 来评估肿瘤 FDG 摄取, 以减轻因患者体质影响产生的影响。病灶总糖酵解 (total lesion glycolysis, TLG) 也可作评估指标, 其计算方法为平均标准摄取值 (mean standardized uptake value, SUV_{mean}) 与代谢肿瘤体积 (metabolic tumor volume, MTV) 的乘积。两者的不同定义解释了临床评估带来的差异。首先, PERCIST 要求基线病灶摄取应大于肝脏本底的 1.5 倍, 这避免了将此类病灶的微小变化视作治疗后反应。有研究表明应结合解剖学标准来提高病理缓解的特异性^[19,22]。关于病灶的选取, EORTC 标准要求治疗前后的病灶应为同一个病灶, 但未详尽说明病灶数量; PERCIST 提出 2 次 PET 需在同一台设备上进行, 第 2 次测量的病灶通常但不一定与基线病灶相同, 最多选取 5 个病灶 (每个脏器不超过 2 个), 对比 2 次 PET 的 2 个 SUV_{peak}。最后, FDG 变化治疗早期没有治疗后期明显。因此 EORTC 标准将化疗 1 个疗程后 FDG 下降 15%~25% 视作治疗后反应, 而大于 1 个疗程则采用 25% 为临界值。但标准的应用应考虑具体治疗方案, 如内分泌治疗反应慢于化疗。研究表明治疗 1 个疗程后, 采用 FDG 摄取下降 25% 作为反应临界值而非 15%~25%^[15]; 而 PERCIST 基于约 3 000 余个 PET 诊疗研究的测量值, 用定量表达和总体反应评估归纳出的定义与临界值确保了不同时间点图像的可比性^[23]。

在具体的临床应用对比中, 有研究者提出 EORTC 标准与 PERCIST 评估结果通常具有较高的一致性, 且优于 RECIST。Tateishi 等^[24] 分析了 142 例乳腺癌女性患者 NAC 2 个疗程后的 PET/CT 和动态对比增强 MR 检查结果, 使用 RECIST、EORTC 和 PERCIST 标准预测术后 pCR, 结果显示 EORTC 标准和 PERCIST 评价结果仅 2 例不同, 均为 non-CMR, 且较 RECIST 具有较高的灵敏度 (70.4% 与 45.5%)、特异性 (95.7% 与 85.5%) 和准确性 (90.8% 与 82.4%)。Depardon 等^[25] 回顾性分析了治疗前和治疗至少 3 个疗程后均行¹⁸F-FDG PET/CT 的 57 例转移性乳腺癌患者, 发现 EORTC 标准和 PERCIST 评估一致性达 84%, 且均可用于预测 OS 期, CMR 的患者中位 OS 期 3 倍于 non-CMR 者, Cox 多因素回归分析表明, 使用 2 种标准评价的 CMR 为生存期的独立预测因子。虽两者评价结果一致性高, 但 PERCIST 在某种程度上会替代 EORTC 标准。因 SUV_{max} 较 SUV_{peak} 易受图像噪声影响而高估肿瘤 FDG 摄取值, 且因 SUV_{peak} 无需勾画出完整的病灶而具有较高的可重复性和较低的观察者间差异^[26]; PERCIST 更方便临床实践, 因只需测量 1 个 SUL_{peak} 最大值, 标准定义更清晰, 评估程序更直观^[25]。

四、PET 评价标准的局限和展望

EORTC 标准和 PERCIST 基于 FDG 信号的可复制性和病灶数量或病灶大小的进展, 广泛应用于评价各种类型实体肿瘤的治疗后反应, 但可能无法提供足够的信息来调整治

疗, 因对于可能呈现异质性的转移灶对治疗有不同的反应, 关于特定治疗方案的效果、特定肿瘤类型的疗效、或治疗意图是治愈性治疗还是姑息性治疗等, 这 2 种标准都存在一定局限性^[27]。肿瘤免疫时代的到来将伴随一些 RECIST 和 PERCIST 难以解决的疑难, 免疫相关药物治疗后反应可能晚于化疗或靶向治疗, 甚至可能出现肿瘤大小的变化。近十余年, 基于 PET/CT 的特定反应类型标准, 尤其关于免疫治疗, 衍生出 Cheson 标准^[28]、淋巴瘤免疫治疗缓解标准 (lymphoma response to immunomodulatory therapy criteria, LYRIC)^[29]、免疫治疗疗效 PET 评价标准 (PET response evaluation criteria for immunotherapy, PERCIMT)^[30] 和免疫 PERCIST (immune PERCIST, iPERCIST)^[31] 等, 以改进原有的肿瘤疗效评价标准。免疫治疗在乳腺癌领域也越来越受重视^[32], 临床期待有特定的评价标准用于乳腺癌免疫治疗疗效分析, 以更好地捕捉免疫治疗药物的应答。

综上所述, 基于 PET/CT 评估实体肿瘤治疗后反应的标准在不断完善, 以顺应当今诊疗的发展趋势。对于具有 NAC 指征的乳腺癌和进行系统性联合治疗的乳腺癌, EORTC 标准和 PERCIST 均可通过反映肿瘤细胞葡萄糖代谢程度进行疗效评价, 使临床医师对患者远期生存有一定的预先认知。随着新药的研发、特定肿瘤类型的深入研究, EORTC 标准和 PERCIST 也需进行改良, 以满足疗效评价需求。将疾病进程、治疗机制和患者治疗目的纳入考虑的新型标准正逐一被设计、发布和验证, 但仍需系统的临床研究来证实, 以预测新抗癌药物的临床效益, 为患者谋求更精准、个性化的治疗方案。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] World Health Organization. The top 10 causes of death [EB/OL]. (2018-05-24) [2019-08-06]. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>.
- [2] Palmer MK. WHO handbook for reporting results of cancer treatment [J]. Br J Cancer, 1982, 45: 484-485. DOI: 10.1038/bjc.1982.83.
- [3] Padhani AR, Ollivier L. The RECIST (response evaluation criteria in solid tumors) criteria: implications for diagnostic radiologists [J]. Br J Radiol, 2001, 74 (887): 983-986. DOI: 10.1259/bjr.74.887.740983.
- [4] Young H, Baum R, Cremerius U, et al. Measurement of clinical and subclinical tumour response using [¹⁸F]-fluorodeoxyglucose and positron emission tomography: review and 1999 EORTC recommendations. European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) PET Study Group [J]. Eur J Cancer, 1999, 35 (13): 1773-1782. DOI: 10.1016/s0959-8049(99)00229-4.
- [5] Wahl RL, Jacene H, Kasamon Y, et al. From RECIST to PERCIST: Evolving Considerations for PET response criteria in solid tumors [J]. J Nucl Med, 2009, 50 Suppl 1: 122S-150S. DOI: 10.2967/jnumed.108.057307.
- [6] Katsuura T, Kitajima K, Fujiwara M, et al. Assessment of tumor response to chemoradiotherapy and predicting prognosis in patients with head and neck squamous cell carcinoma by PERCIST [J]. Ann Nucl Med, 2018, 32 (7): 453-462. DOI: 10.1007/s12149-018-1267-7.
- [7] 阎谦, 吴骋, 童林军, 等. RECIST1.1、PERCIST1.0、WHO 及 EORTC 用

- 于评价结直肠癌肝脏转移化疗后疗效的对比[J].中华核医学与分子影像杂志, 2017, 37(9): 559-563. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.09.008.
- Xia Q, Wu C, Tong LJ, et al. Comparison of RECIST1.1, PERCIST1.0, WHO and EORTC in the evaluation of treatment response in colorectal liver metastases after neoadjuvant chemotherapy[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2017, 37(9): 559-563. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.09.008.
- [8] Molina-García D, García-Vicente AM, Pérez-Beteta J, et al. Intratumoral heterogeneity in ¹⁸F-FDG PET/CT by textural analysis in breast cancer as a predictive and prognostic surrogate[J]. Ann Nucl Med, 2018, 32(6): 379-388. DOI: 10.1007/s12149-018-1253-0.
- [9] Cheng L, Zhang J, Wang Y, et al. Textural features of ¹⁸F-FDG PET after two cycles of neoadjuvant chemotherapy can predict pCR in patients with locally advanced breast cancer[J]. Ann Nucl Med, 2017, 31(7): 544-552. DOI: 10.1007/s12149-017-1184-1.
- [10] Berry DA, Hudis CA. Neoadjuvant therapy in breast cancer as a basis for drug approval[J]. JAMA Oncol, 2015, 1(7): 875-876. DOI: 10.1001/jamaoncol.2015.1293.
- [11] DeMichele A, Yee D, Paoloni M, et al. Neoadjuvant as future for drug development in breast cancer—response[J]. Clin Cancer Res, 2016, 22(1): 269. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-15-1643.
- [12] Cortazar P, Zhang L, Untch M, et al. Pathological complete response and long-term clinical benefit in breast cancer: the CTNeoBC pooled analysis[J]. Lancet, 2014, 384(9938): 164-172. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)62422-8.
- [13] Kolesnikov-Gauthier H, Vanlemmense L, Baranzelli MC, et al. Predictive value of neoadjuvant chemotherapy failure in breast cancer using FDG-PET after the first course[J]. Breast Cancer Res Treat, 2012, 131(2): 517-525. DOI: 10.1007/s10549-011-1832-4.
- [14] García Vicente AM, Amo-Salas M, Relea Calatayud F, et al. Prognostic role of early and end-of-neoadjuvant treatment ¹⁸F-FDG PET/CT in patients with breast cancer[J]. Clin Nucl Med, 2016, 41(7): e313-322. DOI: 10.1097/RLU.0000000000001191.
- [15] Mortazavi-Jehanno N, Giraudet AL, Champion L, et al. Assessment of response to endocrine therapy using FDG PET/CT in metastatic breast cancer: a pilot study[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2012, 39(3): 450-460. DOI: 10.1007/s00259-011-1981-z.
- [16] Huyge V, Garcia C, Alexiou J, et al. Heterogeneity of metabolic response to systemic therapy in metastatic breast cancer patients[J]. Clin Oncol (R Coll Radiol), 2010, 22(10): 818-827. DOI: 10.1016/j.clon.2010.05.021.
- [17] Choi EK, Yoo IR, Kim SH, et al. The value of pre- and post-neoadjuvant chemotherapy ¹⁸F-FDG PET/CT scans in breast cancer: comparison with MRI[J]. Acta Radiol, 2018, 59(1): 41-49. DOI: 10.1177/0284185117705011.
- [18] Kitajima K, Nakatani K, Yamaguchi K, et al. Response to neoadjuvant chemotherapy for breast cancer judged by PERCIST—multi-center study in Japan[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 45(10): 1661-1671. DOI: 10.1007/s00259-018-4008-1.
- [19] Kitajima K, Miyoshi Y, Yamano T, et al. Assessment of tumor response to neoadjuvant chemotherapy in patients with breast cancer using MRI and FDG-PET/CT-RECIST 1.1 vs. PERCIST 1.0[J]. Nagoya J Med Sci, 2018, 80(2): 183-197. DOI: 10.18999/nagjms.80.2.183.
- [20] Agrawal A, Purandare N, Shah S, et al. Response assessment in metronomic chemotherapy: RECIST or PERCIST? [J]. Indian J Nucl Med, 2014, 29(2): 74-80. DOI: 10.4103/0972-3919.130285.
- [21] Riedl CC, Pinker K, Ulaner GA, et al. Comparison of FDG-PET/CT and contrast-enhanced CT for monitoring therapy response in patients with metastatic breast cancer[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2017, 44(9): 1428-1437. DOI: 10.1007/s00259-017-3703-7.
- [22] Tökés T, Kajáry K, Szentháromi G, et al. Predictive and prognostic value of FDG-PET/CT imaging and different response evaluation criteria after primary systemic therapy of breast cancer[J]. Breast Cancer, 2017, 24(1): 137-146. DOI: 10.1007/s12282-016-0685-4.
- [23] O JH, Lodge MA, Wahl RL. Practical PERCIST: a simplified guide to PET Response Criteria in Solid Tumors 1.0[J]. Radiology, 2016, 280(2): 576-584. DOI: 10.1148/radiol.2016142043.
- [24] Tateishi U, Miyake M, Nagaoka T, et al. Neoadjuvant chemotherapy in breast cancer: prediction of pathologic response with PET/CT and dynamic contrast-enhanced MR imaging—prospective assessment[J]. Radiology, 2012, 263(1): 53-63. DOI: 10.1148/radiol.12111177.
- [25] Depardon E, Kanoun S, Humbert O, et al. FDG PET/CT for prognostic stratification of patients with metastatic breast cancer treated with first line systemic therapy: comparison of EORTC criteria and PERCIST[J]. PLoS One, 2018, 13(7): e0199529. DOI: 10.1371/journal.pone.0199529.
- [26] Nahmias C, Wahl LM. Reproducibility of standardized uptake value measurements determined by ¹⁸F-FDG PET in malignant tumors [J]. J Nucl Med, 2008, 49(11): 1804-1808. DOI: 10.2967/jnumed.108.054239.
- [27] Pinker K, Riedl C, Weber WA. Evaluating tumor response with FDG PET: updates on PERCIST, comparison with EORTC criteria and clues to future developments[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2017, 44(Suppl 1): 55-66. DOI: 10.1007/s00259-017-3687-3.
- [28] Cheson BD, Pfistner B, Juweid ME, et al. Revised response criteria for malignant lymphoma[J]. J Clin Oncol, 2007, 25(5): 579-586. DOI: 10.1200/JCO.2006.09.2403.
- [29] Cheson BD, Ansell S, Schwartz L, et al. Refinement of the Lugano Classification lymphoma response criteria in the era of immunomodulatory therapy[J]. Blood, 2016, 128(21): 2489-2496. DOI: 10.1182/blood-2016-05-718528.
- [30] Anwar H, Sachpekidis C, Winkler J, et al. Absolute number of new lesions on ¹⁸F-FDG PET/CT is more predictive of clinical response than SUV changes in metastatic melanoma patients receiving ipilimumab[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 45(3): 376-383. DOI: 10.1007/s00259-017-3870-6.
- [31] Goldfarb L, Duchemann B, Chouahnia K, et al. Monitoring anti-PD-1-based immunotherapy in non-small cell lung cancer with FDG PET: introduction of iPERCIST[J]. EJNMMI Res, 2019, 9(1): 8. DOI: 10.1186/s13550-019-0473-1.
- [32] Adams S, Gatti-Mays ME, Kalinsky K, et al. Current landscape of immunotherapy in breast cancer: a review[J]. JAMA Oncol, 2019, 5(8): 1205-1214. DOI: 10.1001/jamaoncol.2018.7147.

(收稿日期:2019-08-08)